



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ADICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS AL LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN FUNCIÓN A LA NORMA E-070- CAJAMARCA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Alex Javier Gutierrez Calua

Gregorio Oyarce Palma

Asesor:

Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez

Cajamarca - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	33
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	33
1.4 OBJETIVOS.....	34
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	34
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	34
1.5 HIPÓTESIS.....	34
1.5.1 <i>Hipótesis específicas</i>	34
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	35
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	36
2.3 VARIABLES DE ESTUDIO	37
2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37

2.5	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	39
2.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	40
2.6.1	<i>Métodos de procedimiento</i>	40
2.6.2	<i>Técnicas.</i>	41
2.6.3	<i>Instrumentos de recolección de datos.</i>	41
2.7	MATERIALES QUE SE UTILIZÓ EN NUESTRA INVESTIGACIÓN.	42
2.8	PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO	44
2.8.1	<i>Ensayos para las propiedades físicas de la arcilla.</i>	44
2.8.2	<i>Elaboración de ladrillos de arcilla adicionando los 3 tipos de residuos (Cerámica molida, Aserrín de pino y Mortero de revestimiento)</i>	50
2.8.3	<i>Ensayos realizados en laboratorio de la Universidad Privada del Norte.</i>	53
2.9	ANÁLISIS DE DATOS.	58
2.10	ASPECTOS ÉTICOS.....	59
2.11	APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS.	60
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....		61
3.1	ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ARCILLA	61
3.1.1	<i>Contenido de humedad</i>	61
3.1.2	<i>Límite líquido y límite plástico.</i>	61
3.1.3	<i>Granulometría</i>	63
3.2	ENSAYOS CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	64
3.2.1	<i>Variación dimensional.</i>	64
3.2.2	<i>Alabeo.</i>	68
3.3	ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	69
3.3.1	<i>Absorción.</i>	69
3.3.2	<i>Succión.</i>	71
3.4	ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE ARCILLA.....	73

3.4.1	<i>Unidades de albañilería.....</i>	73
CAPÍTULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....		77
4.1	LIMITACIONES	77
4.2	INTERPRETACIÓN COMPARATIVA.....	77
4.3	IMPLICANCIAS.	80
4.4	CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS.....		83
ANEXOS		86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas técnicas	22
Tabla 2. Clases de unidades de albañilería para fines estructurales	31
Tabla 3. Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación.....	31
Tabla 4. Numero total de muestras para cada ensayo	38
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
Tabla 6. Ubicación geográfica de la ladrillera donde se realizó el estudio.....	51
Tabla 7. Dosificación por cada unidad de ladrillo	53
Tabla 8. Dosificaciones para 35 unidades de ladrillo	53
Tabla 9. Variación dimensional de las unidades de ladrillo artesanal	58
Tabla 10. Alabeo de las unidades de ladrillo de arcilla artesanal	58
Tabla 11. Resistencia a la compresión de las unidades de ladrillo de arcilla artesanal	59
Tabla 12. Contenido de humedad	61
Tabla 13. Limite liquido	61
Tabla 14. Límite plástico	62
Tabla 15. Índice de plasticidad	62
Tabla 16. Análisi granulometrico	63
Tabla 17. Cálculo de la variación dimensional en la muestra patrón de 10 unidades de ladrillo de arcilla	64
Tabla 18. Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de residuos.....	65
Tabla 19. Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de residuos.....	66
Tabla 20. Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de residuos.....	67

Tabla 21. Resultado de las medidas de alabeo en las 10 unidades de ladrillo de arcilla	68
Tabla 22. Resultado promedio de la absorcion de la muestra patron de 5 unidades de ladrillo de arcilla	69
Tabla 23. Resultado promedio de la absorcion de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos	70
Tabla 24. Resultado promedio de la absorcion de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos	70
Tabla 25. Resultado promedio de la absorcion de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos	71
Tabla 26. Resultado promedio de la succion de la muetra patron de 5 unidades de ladrillo de arcilla	71
Tabla 27. Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos	72
Tabla 28. Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos	72
Tabla 29. Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos	73
Tabla 30. Resultado de resistencia a la compresión de la muetra patron de 5 unidades de ladrillo de arcilla.....	73
Tabla 31. Resultado de resistencia a la compresión de la muetra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adicion de residuos	74
Tabla 32. Resultado de resistencia a la compresión de la muetra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adicion de residuos	74
Tabla 33. Resultado de resistencia a la compresión de la muetra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adicion de residuos	75

Tabla 34. Resultado del incremento de la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla adicionado los diferentes porcentajes de residuos	75
Tabla 35. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 1.....	98
Tabla 36. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 2.....	99
Tabla 37. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 3.....	100
Tabla 38. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 4.....	101
Tabla 39. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 5.....	102
Tabla 40. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 3% de adición de residuos ...	103
Tabla 41. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 3% de adición de residuos ...	104
Tabla 42. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 3% de adición de residuos ...	105
Tabla 43. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 3% de adición de residuos ...	106
Tabla 44. esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 3% de adición de residuos...	107
Tabla 45. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 5% de adición de residuos ...	108
Tabla 46 . Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 5% de adición de residuos ..	109
Tabla 47. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 5% de adición de residuos ...	110
Tabla 48. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 5% de adición de residuos ...	111
Tabla 49. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 5% de adición de residuos ...	111
Tabla 50. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 7% de adición de residuos ...	112
Tabla 51. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 7% de adición de residuos ...	113
Tabla 52. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 7% de adición de residuos ...	113
Tabla 53. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 7% de adición de residuos ...	114
Tabla 54. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 7% de adición de residuos ...	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de cocción de un producto de arcilla	28
Figura 2. Vista panorámica de la ladrillera “El cerrillo”.....	51
Figura 3. Curva de fluidez	62
Figura 4. Análisis granulométrico	63
Figura 5. Variación dimensional de la muestra patrón y de la NTP 331.017	65
Figura 6. Variación dimensional de la muestra con 3% de residuos y de la NTP 331.017	66
Figura 7. Variación dimensional de la muestra con 5% de residuos y de la NTP 331.017	67
Figura 8. Variación dimensional de la muestra con 7% de residuos y de la NTP 331.017	68
Figura 9. Peso de material para determinar contenido de humedad	87
Figura 10. Realizando ensayo de límite líquido	87
Figura 11. Realizando ensayo de límite plástico	88
Figura 12. Ensayo de granulometría	88
Figura 13. Pesando los porcentajes de residuos.....	89
Figura 14. Mezclando los porcentajes de residuos con la arcilla.....	89
Figura 15. Haciendo el batido de la arcilla con los residuos.....	90
Figura 16. Mezcla de los residuos con la arcilla listo para moldear	90
Figura 17. Moldeando los ladrillos	91
Figura 18. Colocando los ladrillos para el secado correspondiente.....	91
Figura 19. Ladrillos colocados para el proceso de secado	92
Figura 20. Ladrillos secos	92
Figura 21. Colocación del ladrillo para la cocción	93
Figura 22. Horno clausurado para la cocción	93
Figura 23. Ladrillo cocido después de sacarlos del horno	94
Figura 24. Realizando la variación dimensional.....	94

Figura 25. Realizando el ensayo de succión	95
Figura 26. Realizando el ensayo de Alabeo.....	95
Figura 27. Realizando el ensayo de Absorción.....	96
Figura 28. Colocando yeso a las caras del ladrillo	96
Figura 29. Realizando el ensayo de resistencia a la compresión	97
Figura 30. Realizando el ensayo de resistencia a la compresión	97
Figura 31. Deformación unitaria de la muestra P1	98
Figura 32. Deformación unitaria de la muestra P2	99
Figura 33. Deformación unitaria de la muestra P3	100
Figura 34. Deformación unitaria de la muestra P4	101
Figura 35. Deformación unitaria de la muestra P5	102
Figura 36. Deformación unitaria de la muestra 1 al 3% de adición de Residuos	103
Figura 37. Deformación unitaria de la muestra 2 al 3% de adición de Residuos	104
Figura 38. Deformación unitaria de la muestra 3 al 3% de adición de Residuos	105
Figura 39. Deformación unitaria de la muestra 4 al 3% de adición de Residuos	106
Figura 40. Deformación unitaria de la muestra 5 al 3% de adición de Residuos	107
Figura 41. Deformación unitaria de la muestra 1 al 5% de adición de Residuos	108
Figura 42. Deformación unitaria de la muestra 2 al 5% de adición de Residuos	109
Figura 43. Deformación unitaria de la muestra 3 al 5% de adición de Residuos	110
Figura 44. Deformación unitaria de la muestra 4 al 5% de adición de Residuos	111
Figura 45. Deformación unitaria de la muestra 5 al 5% de adición de Residuos	112
Figura 46. Deformación unitaria de la muestra 1 al 7% de adición de Residuos	112
Figura 47 Deformación unitaria de la muestra 2 al 7% de adición de Residuos	113
Figura 48. Deformación unitaria de la muestra 3 al 7% de adición de Residuos	114
Figura 49. Deformación unitaria de la muestra 4 al 7% de adición de Residuos	114

Figura 50. Deformación unitaria de la muestra 5 al 7% de adición de Residuos 115

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de humedad	45
Ecuación 2. Cálculo de la granulometria	49
Ecuación 3. Cálculo de la variación dimensional	54
Ecuación 4. Cálculo de la absorción en porcentaje.....	55
Ecuación 5. Cálculo de la succión	56
Ecuación 6. Cálculo de la resistencia a la compresión	57

RESUMEN

La presente investigación es experimental y tiene como objetivo mejorar las propiedades del ladrillo artesanal adicionando residuos sólidos, para comparar con el ladrillo de la Norma E-070. Para ello, se realizó la fabricación artesanal de 280 ladrillos de arcilla (4 grupos iguales), grupo control y grupos donde se añadió diferentes porcentajes (3%, 5% y 7%) de residuos sólidos (cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento); que pasado los 30 días se realizaron los ensayos de laboratorio en la Universidad Privada del Norte, como: variación dimensional, alabeo, y resistencia a la compresión. Resultando que el ladrillo de arcilla sin adición de residuos tiene una resistencia promedio a compresión de 28.84Kg/cm^2 y al adicionar el 3% de residuos se obtiene 35.96Kg/cm^2 , los cuales son favorables; en cambio al adicionar el 5% y 7% disminuye significativamente. Concluyendo, que al añadir el 3% de residuos; la resistencia a la compresión aumenta en un 24.69% en comparación a la muestra patrón y al adicionar residuos sólidos al 5% y 7% esta disminuye en el 10%; dando por válida la hipótesis planteada en estos porcentajes.

Palabras clave: Ladrillo artesanal, residuos sólidos, arcilla, propiedades, norma E-070.

ABSTRACT

The present research aimed to improve the properties of artisan brick by adding solid waste based on the E-070 standard. For this, the artisan manufacture of 280 clay bricks (4 equal groups), control group and groups where different percentages (3, 5 and 7%) of solid waste were added (pine sawdust, coating mortar and ground ceramic); that after 28 days the laboratory tests were carried out at the Universidad Privada del Norte, such as: dimensional variation, warping, absorption, suction and resistance to compression. Resulting in that the clay brick without the addition of residues has an average resistance to compression of 28.84Kg / cm² and when adding 3% of residues, 35.96Kg / cm² is obtained -which are favorable-; On the other hand, when adding 5% and 7%, it decreases significantly and they do not comply with the provisions of the standard. Concluding that when adding 3% of waste, the compressive strength increases by 24.69% compared to the standard sample, considering the hypothesis raised in that percentage as valid and rejecting the hypothesis when adding solid waste at 5% and 7 %, since they do not meet the minimum requirements stipulated in current regulations.

Keywords: Artisan brick, solid waste, clay, properties, E-070 standard.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Averardo Bianucci, M. (2009). *El ladrillo orígenes y desarrollo*. Argentina: FAU- UNNE.
- Astopilco V., A. J. (2015). *Comparación de las propiedades físico-mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de pvc*, Cajamarca.
- <http://hdl.handle.net/11537/6650>
- Barranzuela Lezcano, J. E. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. Piura.
- Camargo G., L. E., & Yambay Santamaría, B. D. (2020). *Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe* (Tesis de Bachiller, Quito: UCE). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20679>
- Chilón V., M. D., & Posadas G., W. A. (2019). *Reutilización de lodos generados en el tratamiento de aguas ácidas para la elaboración de ladrillos artesanales en una empresa minera de Cajamarca*.
- <http://hdl.handle.net/11537/14793>
- Chino R., L. A., & Mathios C., A. C. (2020). *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie Huayruro (Ormosia coccinea) de las industrias madereras en Ucayali, Perú*.
- <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4305>
- Cordova Facundo, C. (1994). *Vulnerabilidad sísmica*. Huánuco.
- Cruzado Ruiz J. L. (2018). *Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento*. Lima.
- E-070, M. d. (2006). *Reglamento nacional de edificaciones E-070*. Perú: El peruano.

Flores F., J. P., & Ochoa T., R. J. (2019). *Evaluación comparativa de un prototipo de ladrillo macizo de cemento sustituyendo el agregado fino por PET respecto a un ladrillo artesanal, Cusco-2018.*

<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/2863>

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural* (Vol. Tercera Edición). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. 6a ed.

Hernández R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

Limay Campos, E. O., & Vásquez Caruajulca, H. U. (2019). *Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (Stipa ichu)*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/21089>

Maldonado Carrasco, D. A. (2003). *Estudio de la arcilla para la fabricación del ladrillo cocido en Huancayo y Pucallpa*. Lima.

Moreno, F. (1981). *El ladrillo en la construcción*. España.

NTP 331.017. (2003). *Elementos de arcilla cocida - ladrillos de arcilla usados en albañilería*.

Olave Cortez, J. C. (2017). *Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente*. Chimbote: Universidad Cesar Vallejo.

Orellana L., X. O. (2015). *Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos*.

<http://192.188.52.94/bitstream/3317/4344/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-128.pdf>

Páliz H., D. C. (2015). *Factibilidad del uso del raquis de palma africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4066>

Quispe Cerna, M. R. (2016). *Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en el distrito de Santa-Ancash-2016*. Santa - Ancash.

Quispe N., J. (2018). *Adición de Residuos Sólidos de Construcción para la Elaboración del ladrillo Hueco de Concreto*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/35464>

Rodríguez Villamil, J. C. (2013). *Mecánica de suelos*. Bogotá.

Ruíz F., D. M. (2015). *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015*.

<http://hdl.handle.net/11537/10524>

San Bartolomé, A. (2012). *Construcciones de albañilería*. PUCP Lima.